

博士課程教育リーディングプログラム 平成29年度プログラム実施状況報告書

採択年度	平成23年度		
機関名	東京大学	全体責任者（学長）	五神 真
類型	複合領域型（横断的テーマ）	プログラム責任者	武田 洋幸
整理番号	E01	プログラムコーディネーター	相原 博昭
プログラム名称	フォトンサイエンス・リーディング大学院		

<プログラム進捗状況概要>

1. プログラムの目的・大学の改革構想

1. 本学位プログラムにより「養成すべき人材像」

科学技術は人類の活動範囲を飛躍的に拡大させ、社会の発展と富をもたらした。近年その活動が、地球環境の保全、化石エネルギー枯渇の懸念、世界的な経済不安定性など、地球的規模の問題をもたらす局面が多発し、それを克服することが人類社会共通の課題となっている。人類社会の持続的発展に向け、自然環境と調和し、安全安心の中で健やかに暮らすことができる社会を実現するために、人類の叡智を結集することが求められている。このような社会構築のためには、①高度に発達し複雑化した科学技術を俯瞰的に掌握する能力、②自ら第一原理から思考して現象の本質を探り出し、直面する課題の根本的解決を導く能力、③個々の専門領域の枠組みや過去の経緯に囚われることなく発想し、周囲を巻き込んで解決につなげる高いコミュニケーション能力を持つリーダー人材の育成が必要である。本プログラムは、このような問題意識の上に立ち、従来の大学院教育が主に目指してきたアカデミアのための高度な専門性の追求に止まらず、それを実践的に課題解決に適應する能力、すなわち知を活用する力、を持つ人材を育成することを目的とする。

具体的には、専門分野で確固たる基礎を身につけたわが国トップレベルの学生に、「光」という視点で理学・工学を俯瞰できる広い視野を身につけさせる。また、海外を含む先端光産業界のトップエンジニア、マネージャー等を招聘し、先端光科学を産業技術として活用する技法や実践的マネジメントについての学習の場を設け、基礎科学研究の枠を越えた視点を涵養する。これらにより、

- (1) 「マニュアル」に頼ることなく、第一原理に立ち返って課題解決の道筋を見いだすことができ、様々な課題に対応できる「柔軟性」をもった人材、
- (2) 単に「広く浅く」ではなく、地に足のついた専門的研究力を持ち、最先端課題に挑戦する気概とねばりを持った「強い」人材、
- (3) 「光」という極めて共通性の高い視点から、物理学、化学、工学、医学といった分野を見通し「知の活用」という視点から解決の道筋をいち早く見

い出すことができる「俯瞰性」に優れた人材、
(4) わが国のみならず、広く世界で活躍できる「国際性」豊かな人材、
を育成する。また同時に、研究者としての倫理観、責任感をしっかりと身に付けさせる。

2. 本学位プログラムを通じて取り組む「解決すべき課題」

博士は最高の学位であり、その学位を得た者は社会に対して大きな貢献をなし得る能力を持っている。わが国においてこの意識が低いのは、大学院課程（特に博士課程）において過度に強調された専門的トレーニングの中で、その知見の本質を自ら捉え活用するために、分野外の人々と知を共有することの重要性とその為の能力を養うことがおろそかにされてきたことが大きな要因と考える。この知の共有の習慣の欠如は、わが国の学術的な成果が国際的に認知されにくい理由のひとつになっている。

本プログラムでは、光をテーマに次の具体的課題に取り組みながら、共有の習慣を身に付けさせる。

生命・健康関連：X線レーザー顕微鏡の開発、レーザー計測による高感度分光分析技術の医療応用（呼吸診断など）、医療診断技術応用（内視鏡でのガン細胞検出など）、単一細胞リアルタイムイメージング技術、など。

環境関連：電磁波環境計測、太陽エネルギーの利用（光電変換のフォトンサイエンス）、量子光学を応用した超低消費エネルギー光通信など。

安全安心関連：光格子時計による次世代時間標準技術によるGPSの高度化と測地技術への応用、環境放射線の計測、量子暗号技術など。

横断的テーマ：次世代光源の開発、物性ナノ計測、宇宙からの極限微弱光の検出など。

3. 大学の教育研究目的・目標

東京大学は平成15年3月に東京大学憲章を制定し、次の使命と課題を定めた。国際的視野を持った市民的エリートの育成。世界最高水準の研究の追求。幅広いリベラル・アーツ教育を基礎とすること。最先端の研究成果を教育に活かすとともに、これにより次世代の研究者を育成する。大学や国境を越えて外部の知的財産と協働し、世界を視野に入れたネットワーク型研究の牽引役を果たす。

4. リーダーを養成する本プログラムの目指すものと大学の教育改革

光科学は学術の融合的発展や科学技術におけるイノベーションを加速する潜在力を有する基盤的科学である。平成17年日本学術会議19期において、その促進について声明が出され、本学でも教育および研究の推進体制が整備されてきた。平成19年度には、先端光科学分野における大学院博士前期課程の教育強化事業として、理学系研究科化学専攻が中心になり、工学系研究科と連携し、「先端レーザー科学教育研究コンソーシアム」(Consortium on Education and Research on Advanced Laser Science, CORAL)を開始している。この事業では、先端光企業の自主的な参加協力により、先端産業技術の中にある先端光科学の成果を博士前期課程学生に体験させる実験実習を開講している。発足時には、参加企業は11社であったものが、平成23年度には21社まで増加し、企業側からも大きな注目を集めている。また、本事業は電気通信大学、慶応義塾大学とも連携し単位互換協定を締結し単位認定を行っている。平成23年度には、恒久事業化が認められ、東京大学の経常的活動に組み入れられている。この授業は学生にも好評で、たとえば「光学産業における光学技術」を受講した学生から、「カメラや顕微鏡、ステッパーやコピー機などの光学系精密機器で日本メーカーがトップを走っていること、技術や研究開発ノウハウを、大学を含めた光学分野全体で伝承する必要があることを理解し、いかに物作りが大切であるかがわかった。これは、大学で学んでいた物理・化学・光学の基礎学力の大切さを再認識することとなり、自分のさまざまな将来の可能性を見据えながら、現在、研究室において行っている研究に積極的に取り組んで行こうと思う。」との声が寄せられている。

文部科学省は「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」を平成20年に10年間事業として開始し、このプログラムのもとで、

東京大学を幹事として理化学研究所、電気通信大学、東京工業大学、慶応義塾大学の5機関が参加する、ネットワーク型拠点「最先端光量子科学アライアンス」(APSA)を進めている。この事業を全学的に支援すると共に、学内に散在している先端的な光科学研究を連携させ、本学における光科学研究教育の中核を担う国際拠点を形成することとなった。平成20年に全学的支援のもとで、工学系研究科総合研究機構に、光量子科学研究センター(UT-PSC)が設置された。運営経費の一部は全学共通経費から措置された。このセンターでは、科学および技術の基盤としての現代光科学の学理構築と最先端研究の開拓を進めるとともに、博士人材・若手研究者の育成事業を行ってきた。本センターが進めるAPSA事業には理学系研究科、工学系研究科、附置研究所に所属する多くの教員が参加している。光量子科学研究センターは、平成22年より工学系研究科附属のセンターとして組織拡充し、専任教員の配置と教育研究環境の整備を進めている。また、平成22年度から、「先端光量子科学国際教育研究プログラム」を開始し、センターの運営基盤を強化し、外国人研究者招聘、パイロットプログラムとしての横断講義の実施を行っている。このように、光量子科学研究センターを中心として、本提案の骨子となる「光」を横串とした分野横断での新しい教育課程の構築を、部局を越えて進める素地は十分に整っている。この実績をもとに、本プログラムで提案する事業を速やかに開始することができる。また、平成22年には、文部科学省最先端研究基盤事業「コヒーレント光科学研究基盤の整備」も開始されている。この事業は、東京大学と理化学研究所が共同で進める事業であり、新概念に基づく、高強度高繰り返し超短パルス光源(フォトンリング)とそれをを用いた応用計測設備群を東大本郷キャンパスに整備するものである。装置開発には多数の企業が参加している。これは材料科学、ナノテクノロジー、物理、化学、バイオ、医療など幅広い分野の研究者の共用装置として運用するもので、世界の若手研究者の頭脳循環を促すことを狙いとしている。本プログラムに参加する博士課程の学生にも光科学の世界最先端の研究環境を提供することが可能になっている。

これらの光科学教育研究振興の事業群を推進する中で、産学官の新しい連携が生まれ、光科学の学術の発展、学生のキャリアパスの拡大、産業界への寄与といった効果が見えてきた。特に、アカデミア志向の強い、物理学専攻、化学専攻という理学系の主要専攻にあつまる優秀な学生にとって、シームレスに産業界の人々とふれ合う機会が拡大していることが重要であり、大学院博士課程教育の改革と卒業生のキャリアパスの拡大多様化を促す新しいモデルとなることが期待される。

一方、本事業の中核を担う、物理学専攻、化学専攻、物理工学専攻においては、上記とは並行して、コースワーク強化による大学院教育の体系化、高度化、グローバル化をそれぞれ進めてきた。英語プレゼン授業の実施、基幹授業の設定、成績評価の厳格化、学生による授業評価によるフィードバックなど、この間、大きな進展が見られた。特に成績中間層の底上げが着実になされつつある。しかし、これらの取り組みはまだ端緒にすぎたばかりであり、より一層強化していかなければならない。本プログラムでQualifying Exam (QE)の導入により、明確な習得目標を設定し、学生の基礎力を向上させる。この取組は、本プログラムに加わらない学生にも大きな学習動機となり、副次的底上げ効果が期待される。本プログラムにおける実践を契機に、将来的には、関連専攻全体でQEを実施する体制に移行させたい。

また、化学専攻では、日本化学工業協会が化学産業界の将来を担う化学博士課程学生を育成することを目的に設立した基金「化学人材育成プログラム」に採択され、平成23年度より化学専攻の博士課程へ奨学金の給付がスタートしており、産学一体で優秀な博士課程学生の育成を進めている。

本学においては、合計9の博士課程教育リーディングプログラムが実施中である。本プログラムのコーディネーターであった五神真(現総長)の呼びかけにより、半年に一回程度、全プログラムのプログラムコーディネーター、リサーチ・アドミニストレーター、事務職員等が一堂に会するプログラムコーディネーター会議が開催されており、国の大学院教育改革の取組への対応、今後の予算や学生募集、プログラム間の連携等について、9拠点の情報共有と連携促進を図っている。

5. 本プログラムの発展性及び継続性

進学率が高まる中で、大学院の教育機能について、教育を受ける側(学生とその家族)のみならず卒業生を受け入れる産業界からも関心が高まっており、その質的向上は非常に重要な課題である。本プログラムは、このような背景にあつて、東京大学における課程制大学院としての質的向上を図る突破口としての役割を担う。研究推進のパートナーとしてアカデミアへのキャリアパスに特化してきた指導方法やコースワークを改め、上記の社会的要請に応える形で改善していく。

本プログラムは、理学系研究科・物理学専攻、化学専攻、工学系研究科・物理工学専攻をまたぐ形で組織される。産学連携の研究推進、Qualifying

Examの導入によるコースワークの強化などは、大学院課程の新しいモデルケースとして専攻全体は言うにおよばず、それを越えて研究科全体、大学全体に波及していくことが期待できる。本プログラムでは、たとえば工学系教員が理学系の大学院生を指導するという、部局を超えた大学院指導体制が実現する。これにより、理学と工学の双方向連携が促進され、「縦割り」大学院の弊害を打破することにつながると期待している。また、学生にとってはより「厳しい」教育を受けることになる。これを、進めていくためには、経済的不安なしに研究活動と勉学に専念できる環境の保障が必要であり、本事業による支援は非常に有効である。

一方、大学院改革を目指す以上、本事業の支援機関終了後も引き続き同様のプログラムを推進、拡大していかなければならない。平成27年4月より総長に就任した五神真は修士博士一貫学位プログラム制グローバル大学院構想の実現を掲げており、本プログラムはその中核モデルとなるものである。同様のプログラムの推進のための経費については、多様な方法で調達することを考えている。

6. 学長を中心としたマネジメント体制と本プログラムに対する組織的支援

1. 総論

・博士課程教育リーディングプログラムについては、東京大学における大学院教育改革の重点的プログラムとして位置付けており、総長を中心に本プログラムに関するマネジメント体制の整備及び組織的支援の強化を行った。

2. プログラム支援組織の設置

・博士課程教育リーディングプログラムの渉外・広報等を含めた全学的連携を推進する組織を設置し、本部関係部署及びプログラム関係部局との連携協力により、本プログラムの企画立案・運営を支援する体制を整備した。

3. 学内予算措置・施設スペースの整備

・博士課程教育リーディングプログラム運営支援に関連する学内制度（規程）を制定し、本プログラムに属する学生の修学環境の整備・充実（負担軽減等の支援）を図り、また施設スペースの同プログラムへの確保について優先的に支援した。

4. 教員の措置等

・博士課程教育リーディングプログラムへの特任教員の優先的配置を可能とするため、本プログラムでの専任雇用、エフォート率による給与支給を効果的に活用した。海外の教員のサバティカルを積極的に活用して、本プログラムで雇用することを支援する。

5. 事業支援期間終了後の取り組み

・大学院教育改革の一貫として、全学として継続的に支援を行うために、支援期間終了後の学位プログラムの定着・発展に向けて、大学全体として総長を本部長とする臨時教育改革本部のもとに大学院教育検討会議（座長は理事・副学長）を設置し、大学院教育強化方策を検討している。

6. その他：

本プログラムは理学系研究科と工学系研究科の融合的連携によって進めるものである。工学系研究科光量子科学研究センターは本プログラム推進の中核組織である。このセンターは学内措置および概算要求による人員措置により平成22年度に設置したものである。運営費についてはその準備段階から全学支援を行っている。本プログラムが採択された場合には、本プログラムにおいて進める部局横断的な活動が円滑に行えるように、東京大学として本センターの運営支援を強化し、基盤的活動を支えて行く。

光量子科学研究センターの専属教員は物理工学専攻の大学院課程を担当しているが、発足に際し、物理工学専攻の大学院定員の改訂は行われていない。工学系研究科では大学院定員配分に余裕がない状況であり、研究科内でセンター教員に大学院生の定員を措置することが困難な状況である。一方、本プログラムを理学系研究科で担当する物理学専攻では、現在、博士前期課程定員を、余裕をもって運用している。そこで、本プログラムの推進にあたり、物理学専攻と物理工学専攻の間で、理工の部局の枠を越えて、大学院定員を弾力的に運用するための特別措置をとることを全学の判断で行いたい。具体的には物理工学専攻に4名程度の博士前期課程学生の配属増を行う。このように、本事業が部局の枠を越えた活動として定着発展できるよう

に、大学として環境作りを支援する。具体的には、本事業期間中に見直し期限を迎える光量子科学研究センターについて、部局横断的な活動拠点に相応しい体制に移行できるように組織面での支援を行う。これに先立ち、理学系研究科内に光量子科学研究センターの連携室を設置することを全学として支援する。

2. プログラムの進捗状況

平成23年度の立ち上げ以降、博士前期後期課程一貫教育を実施してきた本プログラムを、引き続き安定的に運用するために以下の項目を実施した。

- 1) コースワークとして、俯瞰的視野を獲得し、知の活用の技法を学ぶための先端光科学実験実習、最先端光科学講義を開講した。
- 2) 必修項目である、海外派遣、企業インターンシップ、国内外他大学等での共同研究推進のいずれかを、41名が実施した。
- 3) 副指導教員とコース生が3ヶ月に一度面談し、進捗状況の報告や研究上の議論を行い、異なる視点から見ることによる気付きと俯瞰的視野の獲得を促した。
- 4) 理学系研究科物理学専攻、化学専攻、工学系研究科物理工学専攻の博士課程前期1年生から各々30, 10, 8名のコース生を選抜した。
- 5) 学生への経済的支援の一環として、厳格な基準により選抜したコース生に対し、博士課程前期1年後半より、月額20万円をコース生に支給した。
- 6) 平成29年3月にQualifying Examination (QE)を行い、物理学専攻、化学専攻、物理工学専攻の博士課程前期1年の各々30, 10, 8名がコース生の継続を許可された。
- 7) 博士課程後期3年生を対象に7月から8月にかけてFinal Examination (FE)を行い、コース生38名が合格した。また、秋入学博士課程後期3年生を対象に2月にもFEを行いコース生2名が合格した。
- 8) FEに合格したもののうち、各専攻の学位論文審査に合格した31名がALPSコースを修了した。